

DAWID BRUDNY*

STANISŁAW KRAWIEC**

ANALIZA STRUKTURY OBCIĄŻENIA ŁADUNKAMI SIECI DROGOWEJ W POLSCE

W celu przestrzegania przepisów o drogach publicznych w zakresie bezpieczeństwa i przeciążenia pojazdów instalowany jest w Polsce inteligentny system dynamicznego ważenia pojazdów w ruchu – *Weight in Motion* (WIM). W artykule przedstawiono jego istotę oraz wybrane wyniki badań na temat przeciążenia pojazdów poruszających się po drogach. Badania oparto na pięciu lokalizacjach, a na potrzeby artykułu przeanalizowano ruch w okresie jednego tygodnia.

Słowa kluczowe: ważenie pojazdów w ruchu, pojazdy ciężarowe

Wprowadzenie

Głównym czynnikiem niszczenia i degradacji sieci drogowej jest poruszanie się po drogach przeciążonych pojazdów. Z przeprowadzonych badań wynika, że zużycie drogi podczas przejazdu jednego normatywnego samochodu ciężarowego (o nacisku 100 kN/oś) jest takie samo jak zużycie drogi podczas przejazdu 160 tys. samochodów osobowych. Przejazd pojazdu o dwukrotnie większym nacisku na oś skutkuje 16-krotnym zwiększeniem zniszczenia nawierzchni. Dlatego bardzo ważne jest wyeliminowanie z ruchu pojazdów przeciążonych i niedopuszczanie do degradacji polskich dróg.

* Dawid Brudny, APM Konior Piwowarczyk Konior Sp. z o.o., Bielsko-Biała, e-mail: dawid.brudny@apm.pl.

** Stanisław Krawiec, prof. dr hab. inż., Wydział Transportu, Politechnika Śląska, e-mail: stanislaw.krawiec@polsl.pl.

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów z pięciu lokalizacji preselekcyjnego ważenia pojazdów. Celem pracy jest przybliżenie informacji o liczbie przeciążonych pojazdów na polskich drogach.

Ważenie preselekcyjne pojazdów w ruchu

Przeciążone pojazdy ciężarowe stanowią ogromne zagrożenie dla bezpieczeństwa innych uczestników ruchu oraz powodują degradację drogi, zwiększając koszty jej eksploatacji. Kompetencje do kontroli i przestrzegania przepisów Ustawy z dnia 6 września 2001 r. o drogach publicznych ma Inspekcja Transportu Drogowego (ITD)¹. W celu poprawy efektywności eliminacji z ruchu pojazdów przeciążonych wprowadza się obecnie na drogach inteligentne systemy dynamicznego ważenia pojazdów w ruchu *Weigh in Motion (WIM)*².

Dokumentem regulującym dokładność pomiarową instalowanych czujników jest COST 323 – *Ważenie pojazdów samochodowych w ruchu. Raport końcowy, załącznik 1 Europejskiej specyfikacji WIM Wersja 3.0* z sierpnia 1999 roku. Dokument ten został przygotowany przez Komitet Zarządzający COST 323³. Zawarto w nim ogólne i szczególne zalecenia dotyczące miejsca instalacji, eksploatacji, kalibracji i oceny przez badanie systemów WIM. Obecnie w Europie nie ma żadnej oficjalnej normy dotyczącej ważenia pojazdów w ruchu. W USA istnieje taka norma (ASTM 1994), która została sporządzona głównie na potrzeby akceptacji modelu WIM lub wskazania potencjalnej górnej granicy wydajności, którą można osiągnąć przez określony typ systemu, kiedy warunki nawierzchni drogi są najlepsze do przeprowadzenia badania odbiorowego. Dokument COST 323 służy jako odniesienie, na którego podstawie komitety standaryzacyjne mogą opracować swoje dokumenty, oraz jako specyfikacja techniczna dla użytkowników i producentów systemów WIM. Opisano w nim ogólnie systemy WIM, a nie konkretne produkty. Na końcowym etapie zostanie sformułowana wstępna norma, która będzie przedłożona Europejskiemu Komitetowi Normalizacyjnemu jako pomoc w przygotowaniu normy europejskiej dotyczącej WIM. W dokumencie znalazły się wymogi lub ogólne klauzule oraz wyjaśnienia i przykłady, szczególnie w za-

¹ Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym, Dz.U. 2001, nr 123, poz. 1371.

² K. Heller i A. Szczerba Sp.J., *Studium wykonalności dla inwestycji, „Budowa systemu zarządzania ruchem na autostradach i drogach ekspresowych”*, Warszawa 2012.

³ COST 323, *Ważenie pojazdów samochodowych w ruchu. Raport końcowy, załącznik 1, Europejska specyfikacja WIM, Wersja 3.0*, sierpień 1999.

kresie statystyki, które mają za zadanie wyjaśnić lub pomóc wdrożyć specyfikację WIM. Może on być traktowany jako część podręcznika WIM.

Systemy WIM pozwalają na ważenie pojazdów w ruchu oraz identyfikowanie pojazdów, które przekroczyły dopuszczalne parametry techniczne na drodze. Umożliwiają one także realizację innych zadań przez dostarczanie informacji na potrzeby statystyki o ruchu pojazdów ciężkich, średniej prędkości, klasyfikacji pojazdów, detekcji ruchu oraz natężeniu ruchu.

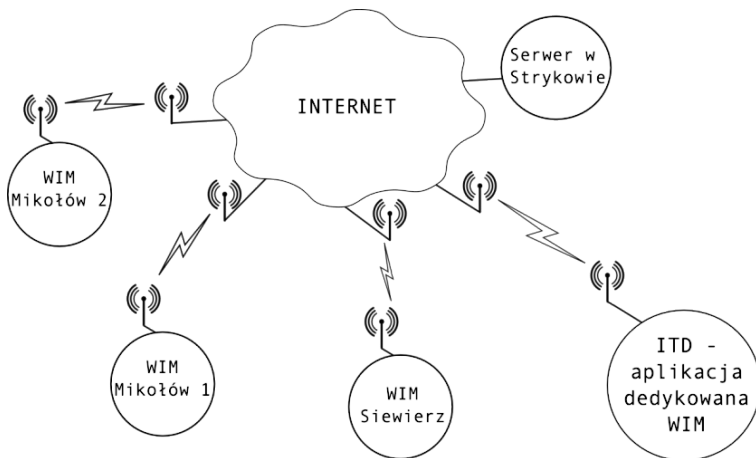
Dokument COST 23 określa różne wymogi dokładności ważenia; są one następujące:

- a) **klasa A (5)**: egzekwowanie ograniczeń dopuszczalnego ciężaru, dostarczanie wartości referencyjnych dla inspekcji wykonywanych w trakcie eksploatacji;
- b) **klasa B + (7)**: egzekwowanie ograniczeń dopuszczalnego ciężaru pojazdów w poszczególnych przypadkach, jeśli nie można spełnić wymagań klasy A oraz po uzyskaniu specjalnej zgody od władz; wydajna preselekcja przeładowanych osi lub pojazdów; dostarczanie wartości referencyjnych dla inspekcji wykonywanych w trakcie eksploatacji;
- c) **klasa B (10)**: dokładna wiedza o ciężarach z podziałem na osie lub grupy osi oraz o ciężarach brutto, w celu:
 - projektowania infrastruktury (nawierzchnia i mosty), utrzymania lub oceny, na przykład agresywności, uszkodzeń zmęczeniowych i obliczeń okresu użytkowania,
 - preselekcji przeładowanych osi lub pojazdów,
 - identyfikacji pojazdów na podstawie wielkości obciążenia;
- d) **klasa C (15) i D + (20)**: szczegółowe badania statystyczne, określenie histogramów obciążeń z szerokością klasy jednej lub dwóch ton oraz dokładne sklasyfikowanie pojazdów na podstawie obciążenia, badania infrastruktury i oceny zmęczenia;
- e) **klasa D (25)**: określenie ciężaru wymagane do celów statystycznych, badania ekonomiczne i techniczne, standardowa klasyfikacja pojazdów według szerokich ciężarów klas (na przykład 5 ton).

Dodatkowo, dla systemów WIM określono **klasy E (30), E (35)** itp., które nie spełniają wymogów klasy D (25). Stosuje się je do oceny dokładności zgrubnych systemów lub systemów zainstalowanych w nie najlepszych lokalizacjach WIM. Jednakże mogą być one przydatne również do wskazania struktury strumienia ruchu oraz rozkładu i częstości obciążenia.

System WIM wykrywa takie pojazdy przejeżdżające przez stację preselekcyjną, które przekraczają następujące parametry: dopuszczalny nacisk osi, dopuszczalny nacisk grup osi, dopuszczalną masę całkowitą. W momencie wykrycia pojazdu przeciążonego wykonane zostaje zdjęcie pojazdu przejeżdżającego przez stanowisko; na zdjęciu widoczna jest sylwetka pojazdu. System zestawia w przejrzysty sposób wykonane zdjęcie sylwetki pojazdu oraz tablic rejestracyjnych z informacjami z pozostałych czujników, takimi jak:

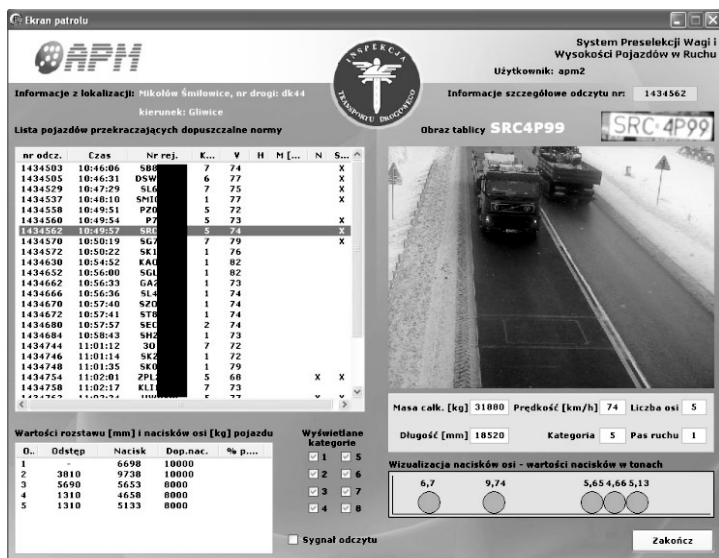
- rozpoznany numer rejestracyjny pojazdu,
- typ wykroczenia,
- liczba osi,
- nacisk poszczególnych osi,
- data i godzina wykroczenia.



Rys. 1. Schemat przesyłu danych ze stacji ważenia pojazdów w ruchu

Źródło: opracowanie własne.

System WIM zapewnia dostęp do danych ze stacji preselekcyjnej w czasie rzeczywistym przez aplikację internetową (rysunek 2) dostępną z dowolnego miejsca przez przeglądarkę internetową. System zapewnia przesył danych ze stacji preselekcyjnej do serwera Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) zlokalizowanego w Obwodzie Utrzymania Autostrady w Strykowie.



Rys. 2. Aplikacja wyświetlająca w czasie rzeczywistym dane o wadze pojazdu, obraz poglądowy oraz odczytaną tablicę rejestracyjną

Źródła: materiały firmy APM Konior Piwowarczyk Konior Sp. z o.o.

System WIM umożliwia ITD dostęp do aplikacji internetowej, zapewniając niezawodne działanie systemu preselekcyjnego przez całą dobę. Aplikacja internetowa zawiera:

- informacje o pojazdach zarejestrowanych na stacjach preselekcyjnego ważenia pojazdów w ruchu z możliwym wyborem kryteriów wyświetlania:
 - wszystkie pojazdy,
 - wszystkie pojazdy przeciążone, przekraczające dopuszczalną wysokość (wywołujące alarm),
 - pojazdy przeciążone,
 - pojazdy przekraczające dopuszczalną wysokość,
 - pojazdy wykryte w wybranym przedziale czasu;
- prezentację informacji na temat pojazdu zarejestrowanego na stacjach preselekcyjnego ważenia pojazdów w ruchu, obejmującą:
 - datę i godzinę rejestracji pojazdu w systemie,
 - lokalizację punktu preselekcyjnego, na którym pojazd został wykryty (numer drogi, miejscowość, pikietaż, kierunek ruchu),
 - rozpoznany numer rejestracyjny,

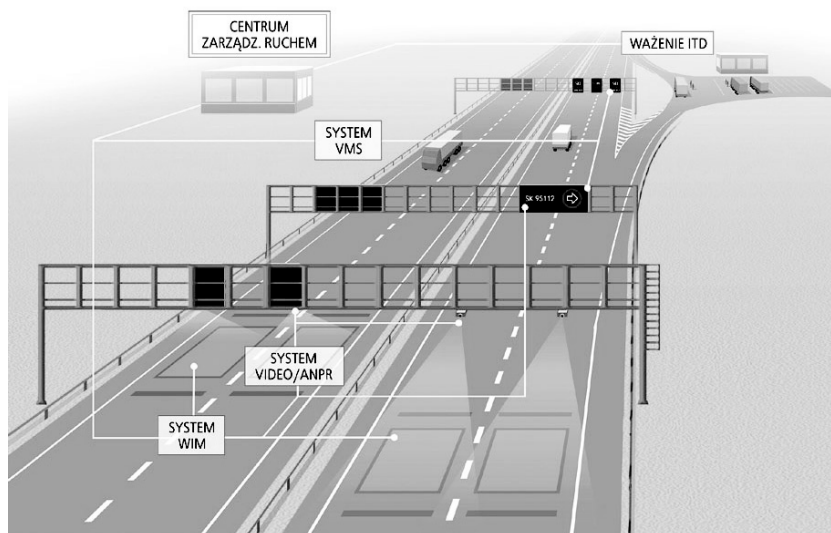
- zdjęcie tablicy rejestracyjnej,
 - zdjęcie całej sylwetki pojazdu w przypadku pojazdów przeciążonych lub przekraczających dopuszczalną wysokość,
 - prędkość pojazdu,
 - kategorie pojazdu według COST 323,
 - masę całkowitą pojazdu – z wyraźnym zaznaczeniem jej ewentualnego przekroczenia,
 - nacisk osi i grup osi – z wyraźnym zaznaczeniem ich ewentualnego przekroczenia,
 - informację, czy została przekroczona dopuszczalna wysokość pojazdu,
 - odległości pomiędzy osiami,
 - prezentowane dane mogą być eksportowane według wybranych kryteriów do pliku SQL;
- c) możliwość przeglądu i eksportu listy logowań do aplikacji mobilnej, z podziałem na poszczególne loginy, z informacją o czasie pozostawiania w systemie.

ITD, dysponując takimi informacjami, znacząco zwiększa efektywność identyfikowania samochodów o przekroczonej masie. Po otrzymaniu informacji zawierającej numer rejestracyjny pojazdu oraz przekroczonej dopuszczalnych parametrach, ITD sprowadza samochód na stacjonarne stanowisko ważenia. Następnie na wadze posiadającej legalizację dokonuje pomiaru wagi pojazdu i na tej podstawie nakłada karę grzywny wynikającą z Ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym.

Na rysunku 3 zaprezentowano rozmieszczenie poszczególnych elementów systemu WIM.

Przeciążony pojazd przejeżdżający przez wagę zostaje zarejestrowany przez kamerę rozpoznającą oraz odczytującą numer rejestracyjny. Odczytany numer zostaje wyświetlony na znaku o zmiennej treści wraz z informacją, że kierowca ma zjechać na parking, gdzie znajduje się stanowisko właściwych służb drogowych⁴.

⁴ W. Konior, A. Letner-Puch, *Dokumentacja powykonawcza „Dostawy preselekcyjnego systemu ważenia pojazdów w ruchu oraz jego instalacji w ciągu drogi krajowej nr 15 w km 206+140 (kier. Toruń) i w km 228+680 (kier. Poznań)”*, 2012.



Rys. 3. Schemat rozmieszczenia elementów systemu ważenia pojazdów w ruchu
 Źródło: materiały firmy APM Konior Piwowarczyk Konior Sp. z o.o.

W tabeli 1 zaprezentowano najważniejsze rodzaje czujników wykorzystywanych w systemach preselekcyjnych zarówno w Europie, jak i w Ameryce Północnej.

Tabela 1

Rodzaje czujników wykorzystywanych w preselekcyjnych systemach ważenia pojazdów

Rodzaj czujnika	Zalety	Wady
1	2	3
Czujniki kwarcowe	<ul style="list-style-type: none"> - mały wpływ temperatury na wyniki badań - dobra dokładność pomiaru ($\pm 10\%$) - stabilność pomiaru w długim okresie 	<ul style="list-style-type: none"> - wpływ toru jazdy na wynik pomiaru - wysoka cena - skomplikowany montaż
Czujniki polimerowe	<ul style="list-style-type: none"> - brak wpływu toru jazdy na wyniki pomiaru - niska cena - szybki i tani montaż 	<ul style="list-style-type: none"> - znaczący wpływ temperatury na wyniki pomiarów - potrzeba częstej kalibracji
Płyty ważące	<ul style="list-style-type: none"> - bardzo duża dokładność pomiarów - długi czas użytkowania od 7 do 10 lat 	<ul style="list-style-type: none"> - wysokie koszty związane z instalacją czujników - długi i skomplikowany proces montażu - konieczność odwadniania instalacji

1	2	3
Czujniki „Singel Load Ceil”	<ul style="list-style-type: none"> – obecnie najdokładniejsza metoda pomiaru – najdłuższy czas użytkowania – powyżej 15 lat 	<ul style="list-style-type: none"> – czujniki najdroższe w montażu – skomplikowany montaż wymagający posiadania specjalistycznych narzędzi – długi czas montażu, znacząca ingerencja w nawierzchnię jezdni

Źródło: A.W. Mitas, M. Bernaś, M. Bugdol, A. Ryguła, W. Konior, *Elektroniczne narzędzia pomiarowe w transporcie – wagi preselekcyjne*, „Elektronika” 2011, nr 12, s. 86–89.

W związku z rosnącą liczbą samochodów ciężarowych na polskich drogach, GDDKiA postanowiła zbudować nowy system ważenia pojazdów. Od początku 2012 roku na drogach administrowanych przez GDDKiA powstało 88 punktów ważenia pojazdów w ruchu. Na rysunku 4 zaprezentowano mapę z rozmieszczeniem istniejących wag preselekcyjnych.



Rys. 4. Istniejące lokalizacje systemów preselekcyjnego ważenia pojazdów w ruchu

Źródło: opracowanie własne na podstawie map Google.

Na potrzeby artykułu pozyskano dane o pojazdach przeciążonych z pięciu następujących lokalizacji:

- droga krajowa nr 1, miejscowość Siewierz, km 514 + 210 – lokalizacja 3,
- droga krajowa nr 44, miejscowość Mikołów-Śmiłowice, km 17 + 435, kierunek Tychy – lokalizacja 2,
- droga krajowa nr 44, miejscowość Mikołów-Śmiłowice, km 19 + 770, kierunek Gliwice – lokalizacja 1,
- droga krajowa nr 15, miejscowość Latkowo, km 206 + 055, kierunek Toruń – lokalizacja 58,
- droga krajowa nr 15, miejscowość Cierpice Mała Mieszawka, km 228 + 560, kierunek Poznań – lokalizacja 59.

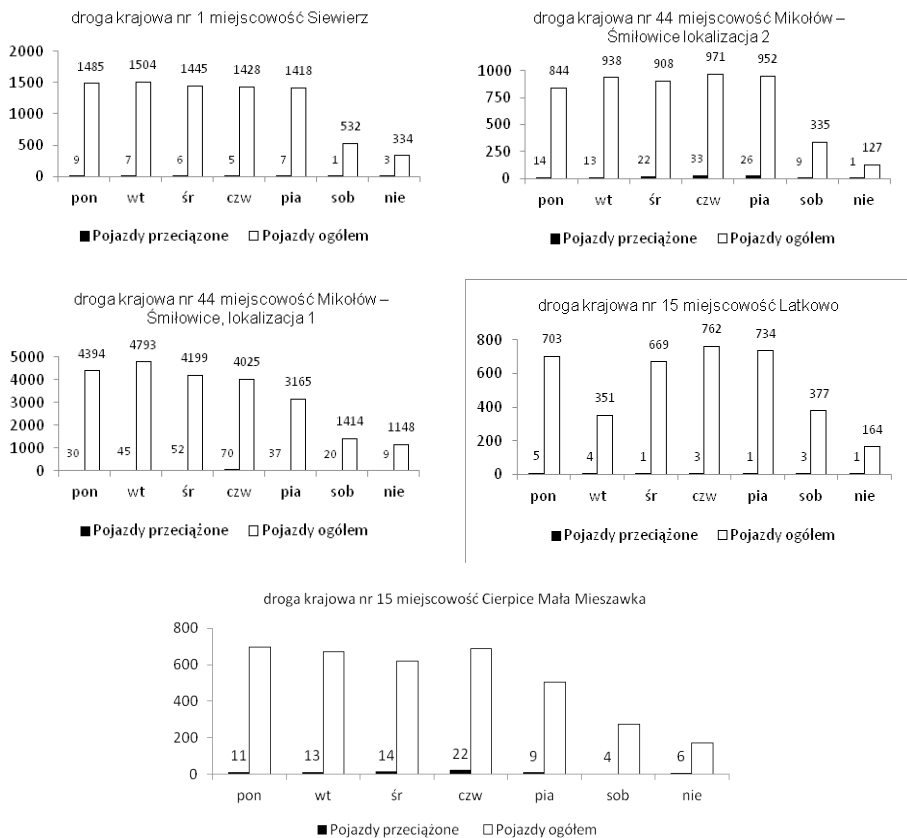


Rys. 5. Punkty preselekcyjnego ważenia pojazdów w ruchu podlegające badaniu

Źródło: jak pod rysunkiem 4.

Analiza danych dotyczących przeciążenia pojazdów ciężarowych w Polsce

Na rysunku 6 zaprezentowano liczbę pojazdów przeciążonych oraz liczbę pojazdów ogółem składającą się z następujących kategorii: ciągniki siodłowe od trzech do sześciu osi, ciągniki siodłowe od pięciu do siedmiu osi, samochody ciężarowe z przyczepami oraz autobusy. Dane obejmują okres jednego tygodnia.

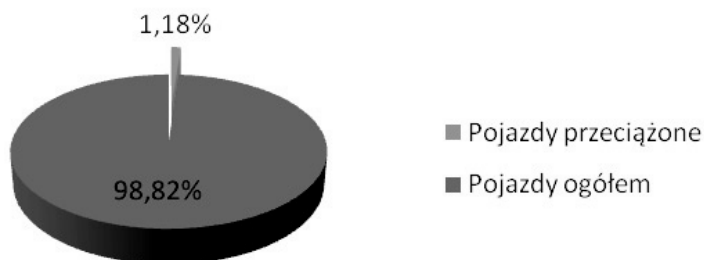


Rys. 6. Dane o pojazdach przeciążonych za okres od 2 do 8 września 2013 roku

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów APM.

Z wykresów zaprezentowanych na rysunku 6 wynika, iż największy udział pojazdów przeciążonych w liczbie pojazdów ogółem wyniósł 3,47% w lokalizacji 59.

Na rysunku 7 przedstawiono procentowy udział pojazdów przeciążonych w liczbie pojazdów ogółem sumarycznie na wszystkich badanych lokalizacjach w okresie jednego tygodnia.

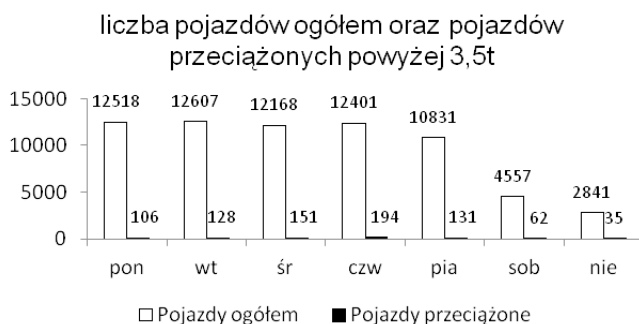


Rys. 7. Procentowy udział pojazdów przeciążonych w liczbie pojazdów ogółem

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów APM.

Na podstawie wykresu przedstawionego na rysunku 7 można stwierdzić, że udział pojazdów przeciążonych w kategorii: ciągniki siodłowe od trzech do sześciu osi, ciągniki siodłowe od pięciu do siedmiu osi, samochody ciężarowe z przyczepami, wynosi 1,18%, to jest 516 sztuk. Badaniem objęto 43 742 pojazdy ciężarowe.

W kolejnym badaniu zebrano wyniki ze wszystkich lokalizacji w okresie jednego tygodnia dla wszystkich pojazdów przekraczających 3,5 t.

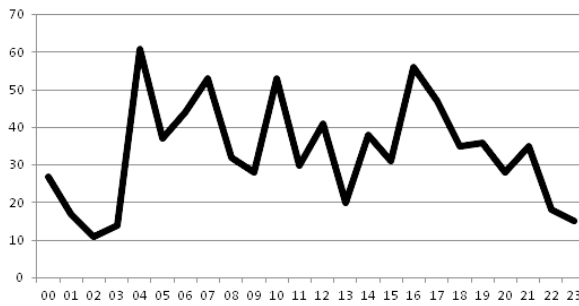


Rys. 8. Liczba pojazdów ogółem oraz pojazdów przeciążonych powyżej 3,5 t

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów APM.

Jak wynika z rysunku 8, największa liczba pojazdów przeciążonych wystąpiła w środę i czwartek, odpowiednio: 1,24% i 1,56%. W weekend liczba pojazdów przeciążonych spadła, jednak ich procentowy udział w liczbie pojazdów ogółem był zbliżony do poziomu z tygodnia i wyniósł 1,36% w sobotę oraz 1,23% w niedzielę.

Na rysunku 9 zaprezentowano rozkład pojazdów przeciążonych w ciągu doby. Przedstawiono dane ze wszystkich pięciu lokalizacji za okres jednego tygodnia dla pojazdów powyżej 3,5 t.



Rys. 9. Liczba pojazdów przeciążonych w rozkładzie godzinowym
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych APM.

Z przeprowadzonego badania wynika, iż największa liczba pojazdów przekraczających dopuszczalną ładowność występuje pomiędzy godziną czwartą a piątą w nocy.

Podsumowanie

Pojazdy przeciążone w przeprowadzonych badaniach obejmują 1,18% wszystkich przejeżdżających pojazdów ciężarowych. Oznacza to, że w ciągu tygodnia w miejscu pomiaru około sto pojazdów jest przeciążonych. Średnie przeciążenie wynosi 7 ton, a najwyższe wyniosło 15 ton. Pomimo sporych nakładów finansowych na montaż systemów ważenia preselekcyjnego oraz kontroli przez ITD, liczba pojazdów przeciążonych jest ciągle zbyt wysoka, co skutkuje koniecznością niezbędnych remontów nawierzchni dróg.

Bibliografia

- Adamski A., *Inteligentne systemy transportowe: sterowanie, nadzór i zarządzanie*, Wydawnictwa AGH, Kraków 2003.
- COST 323 *Ważenie pojazdów samochodowych w ruchu*'. Raport końcowy, załącznik 1, *Europejska specyfikacja WIM. Wersja 3.0*, sierpień 1999.
- K. Heller i A. Szczerba Sp.J., *Studium wykonalności dla inwestycji, „Budowa systemu zarządzania ruchem na autostradach i drogach ekspresowych”*, Warszawa 2012.
- Janiszewska E., *Identyfikacja i ważenie pojazdów przeciążonych*, „Inżynieria Ruchu Drogowego” 2013, nr 3.
- Konior W., Letner-Puch A., *Dokumentacja powykonawcza „Dostawy preselekcyjnego systemu ważenia pojazdów w ruchu oraz jego instalacji w ciągu drogi krajowej nr 15 w km 206+140 (kier. Toruń) i w km 228+680 (kier. Poznań)”*, Warszawa 2012.
- Mitas A.W., Bernas M., Bugdol M., Ryguła A., Konior W., *Elektroniczne narzędzia pomiarowe w transporcie – wagi preselekcyjne*, „Elektronika” 2011, nr 12.
- Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym, Dz.U. 2001, nr 123, poz. 1371.

THE ANALYSIS OF THE CARGO LOAD STRUCTURE ON ROADS IN POLAND

Summary

In order to be in compliance with the provisions on public roads in the field of vehicle safety and overload, the dynamic weighting system Weigh in Motion is being installed in Poland. The article presents the essence of the system and selected research regarding the vehicle overload. The study was based on five locations, and for the needs of the article, the analysis of the traffic is limited to one week.

Keywords: weighing moving vehicles, trucks